

## ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АНТОЦИАНОВ В 3-ЛИСТНЫХ ФЛЕШАХ И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ КОЛИЧЕСТВА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ

Платонова Н.Б., Белоус О.Г.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», г. Сочи, e-mail: oksana191962@mail.ru*

**Аннотация.** Проведены исследования по определению антоцианов в 3-листной флешки, зеленом и черном чае. Определены основные закономерности в их накоплении по месяцам. Наибольшее количество антоцианов накапливается в июле (308,5 г/100 г), наименьшее в мае (150,2 г/100 г), что связано с длительным засушливым периодом, сопровождаемым высокими температурами воздуха. Показано, что содержание в 3-листных флешках чая антоцианов во многом зависит от генотипа форм. Наибольшим их количеством отличаются формы 855 (268,7 г/100 г) и 2264 (265,2 г/100 г). При переработке сырья (3-листной флешки) в готовый продукт происходит изменение в содержании антоцианов. При этом, в зеленом чае их содержится почти столько же, как и в сырье. В процессе ферментации чая происходит активный синтез антоцианов, в связи с чем их количество значительно выше, чем в сырье и зеленом чае.

**Ключевые слова:** растения чая, сорта и формы, готовый чай, антоцианы, динамика

Антоцианы – класс агликонов антоцианидинов - замещенные 2-фенилхромены, относящиеся к водорастворимым флавоноидам. Являясь непластидными пигментами, окрашивают плоды, листья, лепестки цветков в разнообразные оттенки красного, синего и фиолетового цветов, от розового до чёрно-фиолетового [1,2,19,21]. В тканях растений локализованы преимущественно в вакуолях клеток, как правило, в виде гликозидов. В последние годы особое внимание уделяется исследованиям антиоксидантной активности антоцианов растительного сырья, а также, их участие в антиоксидантной системе самого растения [17,18,20]. Известно, что синтез антоцианов усиливается при воздействии таких стрессовых факторов как высокая положительная температура, засуха и в особенности – интенсивная инсоляция. Антоцианы, наряду с каротиноидами способны защищать нежные ткани растения от избытка ультрафиолетового излучения и участвуют в стабилизации работы фотосинтетической системы [4,9,24]. Так, показано, что антоцианы во многих видах растений снижают частоту фотоингибирования, что ускоряет восстановление фотосинтетического аппарата [5,10,14]. Не случайно, антоцианы причисляют к нефотохимическим защитным механизмам, наряду с пигментами ксантофилового цикла. Ряд исследователей считают, что в условиях водного стресса антоцианы выполняют роль осморегуляторов клетки растения. Кроме того, имеются данные о фотопротекторных или антиоксидантных свойствах антоцианов, как главных механизмов в ответе растения на стресс.

Количественный состав антоцианов зависит от множества факторов. Например, у ряда плодов в зависимости от зрелости количество антоцианов различно [10,13]. У листьев концентрация антоцианов может отличаться от периода их сбора. На накопление антоцианов значимо влияют почвенно-климатические условия произрастания.

Чай, или камелия китайская (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), влаголюбивое растение тропических и субтропических горных лесов Юго-Восточной Азии (Индокитай). В настоящее время чай выращивают в субтропической зоне Черноморского побережья России. Сбор чайного листа, в период активной вегетации, проводится в весенне-летний период, и именно в это время (июль, август) отмечаются длительные засухи. Как

## копирование материалов запрещено

следствие молодые побеги (флеши) чайного растения испытывают стресс. В качестве защитной реакции на стрессовые воздействия, как правило, происходит активация неспецифической устойчивости, компонентами которой является целый комплекс биохимических соединений (аскорбиновая кислота, пролин, каротиноиды, танины и др.). Многие флеши и молодые листья чая имеют антоциановую окраску, что также может быть рассмотрено, как проявление защитной реакции на абиотический стресс.

Кроме того, антоцианы, входящие в состав растений, в частности, чая, являются биологически активными веществами значимыми и для здоровья человека, так как способны гасить воспалительные процессы, защищают клетки от окислительного стресса, проявляют антимикробную активность и т.д. [8,26,27,28]. Ценность антоцианов связана также с открытием их выраженной антиоксидантной способности [4,7]. Это весьма мощные антиоксиданты, обладающие большей эффективностью, чем витамины С и Е [6,23,29].

В этой связи, актуальным является изучение механизма накопления антоцианов в растениях чая и влияния на этот процесс гидротермических условий, сортовых характеристик и технологических особенностей переработки сырья в готовый чай.

### Объекты и методы

Объектами исследования служили: 3-листные флеши, образцы зелёного и чёрного чая следующих перспективных сортов и форм: Сочи, 3823, 582, 855 и 2264, выращиваемых на опытном коллекционно-маточном участке, заложенном в 1984 – 1985 гг. в пос. Уч-Дере (Сочи, Лазаревский р-н). Контроль - сорт Колхида.

Отбор образцов на анализы проводили в вегетационный период в течение 2017-2019 гг. Фиксацию флешей, а также изготовление чёрного и зелёного чая осуществляли в лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СНИЦ РАН.

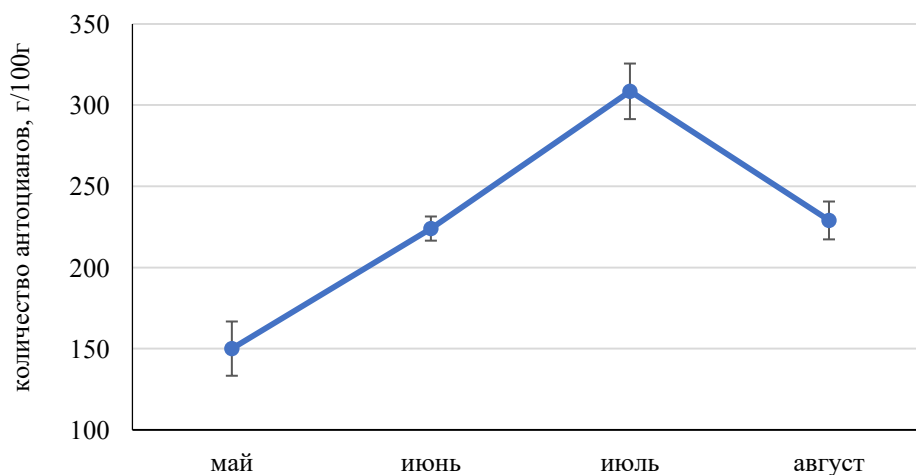
В настоящее время наиболее подходящими методами определения содержания антоцианов являются спектрофотометрия, которая позволяет определить их количественное содержание. Оптическую плотность экстракта антоцианов в 1 % растворе соляной кислоты измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ в диапазоне длин волн 510 - 657 нм. Содержание антоцианов рассчитывали, исходя из закона Бугера-Ламберта-Бера [15].

На рисунках представлены средние арифметические значения измеряемых величин и их среднеквадратичные отклонения. Для оценки статистических величин проведен анализ с применением пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies) и MS Excel 2007. Статистически значимой принята значимость различия между средними значениями при  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

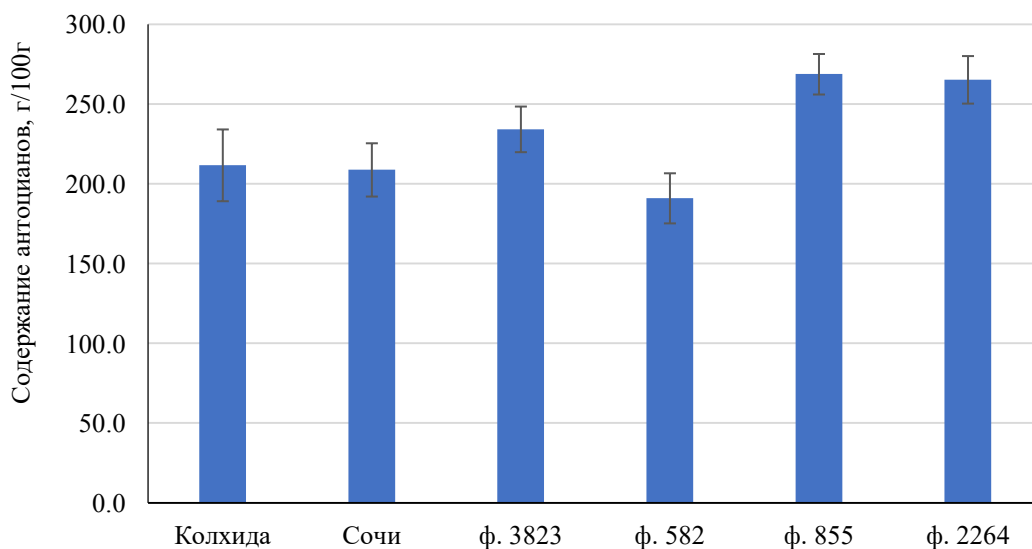
Изучая содержание антоцианов в 3-листной флешке (фиксированном чайном сырье) в динамике, мы определили основные закономерности в их накоплении по месяцам (рис. 1). Так, исследования показали, что наибольшее количество антоцианов накапливается в июле (308,5 г/100 г), наименьшее в мае (150,2 г/100 г). Это не случайно, так как в этот период наблюдается длительный засушливый период, сопровождаемый высокими температурами воздуха. Так как антоцианы выполняют защитную функцию в растениях, повышение их количества в 3-листных молодых флешках чая – закономерный процесс.

## копирование материалов запрещено



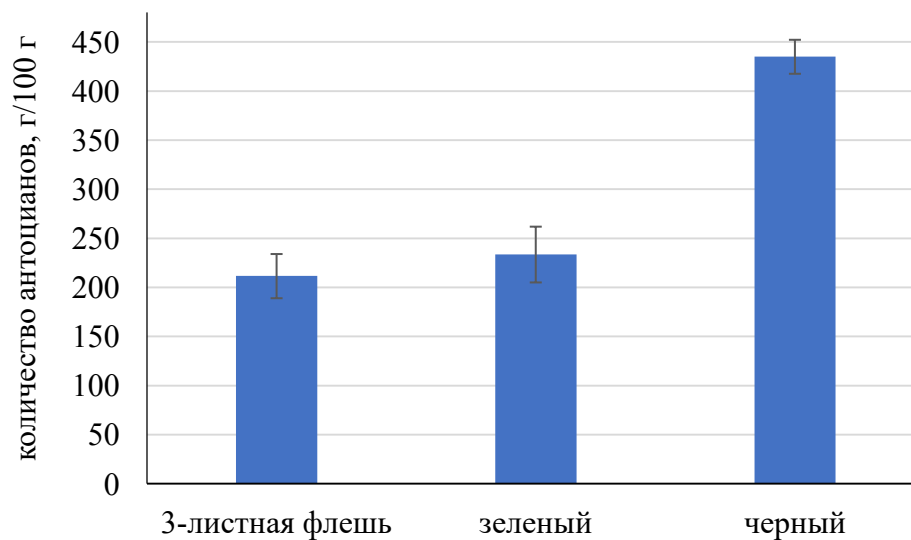
**Рис. 1.** Динамика содержания антоцианов в 3-листной флеша чая (на примере сорта Колхида), среднее за 2017-2019 гг.

Содержание в 3-литсных флешах чая антоцианов во многом зависит от генотипа форм. Анализ данных по сортовым особенностям в накоплении антоцианов показал (рис. 2), что наибольшим их количеством отличаются формы 855 (268,7 г/100 г) и 2264 (265,2 г/100 г), что существенно выше, чем у контрольного сорта Колхида (211,6 г/100 г). Это не случайно, например, листья и флеша чая формы 855 имеют интенсивную антоциановую окраску. К тому же, ряд авторов отмечает, что больше антоцианов накапливается у сортов с низкой активностью каталазы [10,16]. В нашем случае, данные формы не отличаются высокой ферментативной активностью.



**Рис. 2.** Содержания антоцианов в фиксированном сырье перспективных сортов и форм чая, среднее за 2017-2019 гг.

Антоцианы являются веществами, положительно влияющими на пищевую значимость чая [12,25], в связи с чем нами определено их содержание в готовом (зеленом и черном) чае. Показано, что при переработке сырья (3-листной флеша) в готовый продукт происходит изменение в содержании антоцианов (рис. 3).



**Рис. 3.** Изменение антоцианов в процессе переработки сырья в готовый чай (на примере сорта Колхида), среднее за 2017-2019 гг.

Так, в зеленом чае их содержится почти столько же, как и в сырье. При приготовлении зеленого чая сырье фиксируется паром (в условиях лаборатории – на аппарате Коха) и в нем остается столько веществ, сколько их накопил лист. А при приготовлении черного чая – обязательно идет процесс ферментации (окисление скрученного сырья), который сопровождается химическими реакциями в самом листе. Это приводит к тому, что многие соединения разрушаются, идут процессы взаимопревращения, и из них производятся другие. Например, в процессе ферментации из галлатов образуются теафлавины и теарубигины, хиноны преобразуются в теин (кофеин чая) [12]. Не исключение антоцианы, которые представляют собой настоящие обратимые окислительно-восстановительные системы [11,21]. В клетках антоцианы представляют собой агликоны антоцианидинов, известны факторы, влияющие на их стабильность: химическая структура, pH среды, температура, свет, присутствие кислорода, ферментов, ионов металлов, аскорбиновой кислоты, флавоноидов, сахаров. Особенно негативное воздействие на стабильность антоцианов оказывает аскорбиновая кислота, идут процессы взаимной деградации аскорбиновой кислоты и антоцианов [3,13]. А как известно, при ферментации аскорбиновая кислота подвергается некоторому разрушению, что приводит к изменению и в количестве антоцианов. Поэтому в черном чае антоцианов больше, чем в зеленом и сырье.

Таким образом, установлено, что динамика антоцианов в листьях чая связана с защитой растений от засухи и высокой температуры воздуха, поэтому в июле антоцианов в 3-листной флешки синтезируется больше.

В процессе ферментации чая происходит активный синтез антоцианов, в связи с чем их количество значительно выше, чем в сырье и зеленом чае. Так как антоцианы выполняют роль антиоксидантов, высокое их содержание в черном чае делает его не менее полезным для профилактики многих воспалительных процессов, чем зеленый.

#### Библиографический список

1. Аверьянова Е.В., Школьникова М.Н., Егорова Е.Ю. Физиологически активные вещества растительного сырья. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та., 2010. - 105 с.
2. Биохимия природных пигментов / Перевод с англ. В. Д. Цыдендамбаева; под ред. М. Н. Запрометова. - М.: Мир, 1986. - 422 с.
3. Дейнека В.И., Григорьев А.М., Дейнека Л.А., Шапошник Е.И., Староверов В.М.

## копирование материалов запрещено

- Исследование антоцианов черники в плодах и препаратах на её основе // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2006. – Том 72. - №3. - С. 16-20.
4. Дейнека В.И., Лабунская Н.А., Сорокопудова О.А. Каротиноиды и антоцианы листочков околоцветников некоторых видов и сортов лилий (*Lilium L.*) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2008. - №2. - С. 20-25.
  5. Дейнека Л.А., Литвин Ю.Ю., Дейнека В.И. Критерии для классификации винограда по антоциановому комплексу плодов // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. - 2008. - №7(47). - С.71-78.
  6. Дейнека Л.А., Чулков А.Н., Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н., Шевченко С.М. Антоцианы плодов вишни и родственных растений // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные Науки. – 2011. - №15-1 (104). – С. 367-373
  7. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., Пак Н.А. Антоцианы ягод земляники (обзор) // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/03/64910> (дата обращения: 14.09.2020).
  8. Киселева Т.Н. Роль антоцианозидов в коррекции нарушений микроциркуляции и гемодинамики глаза при офтальмопатологии // Российский офтальмологический журнал. – 2013. – Т. 6. – №1. – С.108-112
  9. Куркин В.А., Рязанова Т.К. Новые подходы в области стандартизации сырья и препаратов черники обыкновенной // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2011. - Т. 13. № 1-8. - С. 2010–2014.
  10. Логвинова Е.Е. Исследование групп биологически активных веществ плодов рябины черноплодной различных сортов: автореферат дис. ... кандидата фармацевтических наук: 14.04.02. – Москва: Первый моск. гос. мед. ун-т. им. И.М. Сеченова, 2017. - 22 с.
  11. Макаревич А.М., Шутова А.Г., Спиридович Е.В., Решетников В.Н., 2010. Функции и свойства антоцианов растительного сырья // Тр. БГУ. – Т. 4. – Вып. 2. – С. 1-11.
  12. Мгалоблишвили Е.К., Цуцунава А.Я. Чай и медицина. - Батуми: Сабчота Аджара, 1975. - 87 с.
  13. Меладзе М. Влияние внешних факторов на химический состав селекционных сортов чая // Аграрная наука. - 2004. - С. 19-20.
  14. Писарев Д.И., Новиков О.О., Селютин О.А., Писарева Н.А. Биологическая активность полифенолов растительного происхождения. Перспектива использования антоцианов в медицинской практике // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. - 2012. - № 10-2 (129). - С. 17 – 24.
  15. ГОСТ Р 53773-2010 Продукция соковая. Методы определения антоцианинов
  16. Скорикова Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 231 с.
  17. Сорокопудов В.Н., Хлебников В.А., Дейнека В.И. Антоцианы некоторых растений семейства *Berberidaceae* // Химия растительного сырья. – 2005. – №4. – С. 57–60.
  18. Третьяков М.Ю., Хорошилов С.А., Сидоров А.Н., Чулков А.Н., Дейнека В.И., Дейнека Л.А. Кукуруза как источник антоцианов // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №9. – С. 30 – 32.
  19. Харламова О.А., Кафка Б.В. Натуральные пищевые красители. – М.: «Пищевая промышленность», 1979. – 191 с.
  20. Чулков А.Н., Дейнека В.И., Навальнева И.А., Дейнека Л.А., Сорокопудов В.Н. Антоцианы лепестков цветков *Chamomiles Japonica* и *S. Maulei* // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные Науки. – 2011. - №15-1 (104). - С. 382 – 388.
  21. Чулков А.Н., Дейнека В.И., Третьяков М.Ю., Дейнека Л.А., Нецветаева О.В. Исследование антоциановых комплексов лепестков цветков пионов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные Науки.

## копирование материалов запрещено

- 2011. – № 21 (116). – С. 85 – 90.
22. Gould K., Davies K.M., Winefield Ch. Anthocyanins. Biosynthesis, functions, and applications. – New York: Springer-Verlag, 2009. – 336 p. - ISBN 978-0-387-77335-3.
  23. Ilan A, Dougall D. The effect of growth retardants on anthocyanin production in carrot cell suspension cultures // *Plant Cell Rep.* – 1992. – Vol. 11(5-6). – P. 304–309.
  24. Khan N.Q., Lees D.M., Douthwaite J.A., Carrier M.J., Corder R. Comparison of red wine extract and polyphenol constituents on endothelin-1 synthesis by cultured endothelial cell // *Clinical Sci.* – 2002. – V.103(48). – P. 72-75. – <http://dx.doi.org/10.1042/CS103S072S>
  25. Mancini E, Beglinger C, Drewe J, Zanchi D, Lang UE, Borgwardt S. Green tea effects on cognition, mood and human brain function: A systematic review // *Phytomedicine.* – 2017. – Vol. 34. – P. 26-37. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.phymed.2017.07.008>
  26. Mary Ann Lila. Anthocyanins and Human Health: An In Vitro Investigative Approach // *Journal of Biomedicine and Biotechnology.* – 2004. – Vol. 5 – P. 306–313
  27. Nakaishi H., Matsumoto H., Tominaga S., Hirayama M. Effect of black currant anthocyaniside intake on dark adaptation and VDT work-induced transient refractive alteration in healthy humans // *Altern. Med. Rev.* – 2000. – V.5. – P.553-562.
  28. Satue-Gracia Mt.S., Heinonen M., Frankel E. Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems // *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* – 1997. – Vol.45. – P. 3362-3367.
  29. Shivraj Hariram Nile, Doo Hwan Kim, Young-Soo Keum. Determination of anthocyanin content and antioxidant capacity of different grape varieties // *Ciencia Tec. Vitiv.* – 2015. – Vol. 30(2) – P. 60-68.